

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

1 / 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-164266

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G01B 11/00

G02B 7/28

G02B 7/34

G03F 9/00

(21)Application number : 2000-356350

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 22.11.2000

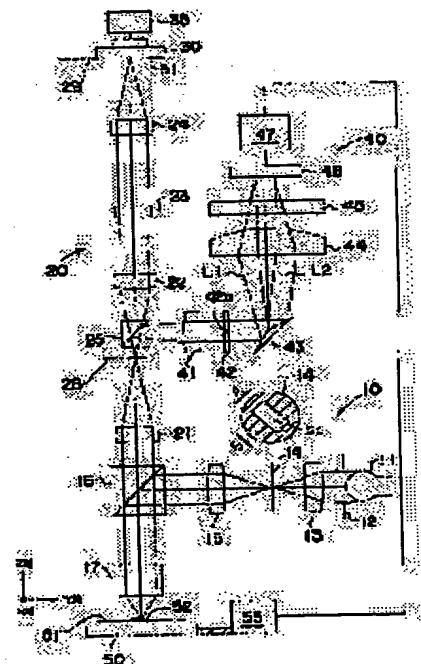
(72)Inventor : FUKUI TATSUO

(54) APPARATUS AND METHOD FOR ADJUSTING OPTICAL POSITION DEVIATION MEASURING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simply adjust an optical system of an overlay position deviation measuring apparatus.

SOLUTION: The optical position deviation measuring apparatus is composed of an illumination optical system 10 for illuminating a measuring mark 52; an image-forming optical system 20 for condensing reflected light from the measuring mark to form an image of the measuring mark; a CCD camera 30 for taking the image of the measuring mark formed by the image forming optical system; and an image processor 35 for measuring the position deviation of the measuring mark from obtained image signals and auto-focusing unit 40 for auto-focusing adjustments. This apparatus performs auto-focusing adjustment, adjustment of an image-forming aperture orifice 23 of the image forming optical system 20, an adjustment of a second objective lens 21 and an adjustment of an illumination aperture orifice 12 of the illumination optical system 10 in this order for adjusting errors in measurement.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-164266

(P2002-164266A)

(43) 公開日 平成14年6月7日 (2002. 6. 7)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L	21/027	G 0 1 B 11/00	H 2 F 0 6 5
G 0 1 B	11/00	G 0 3 F 9/00	H 2 H 0 5 1
G 0 2 B	7/28	H 0 1 L 21/30	5 2 5 R 5 F 0 4 6
	7/34	G 0 2 B 7/11	N
G 0 3 F	9/00		C

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-356350 (P2000-356350)

(22) 出願日 平成12年11月22日 (2000. 11. 22)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 福井 達雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100092897

弁理士 大西 正悟

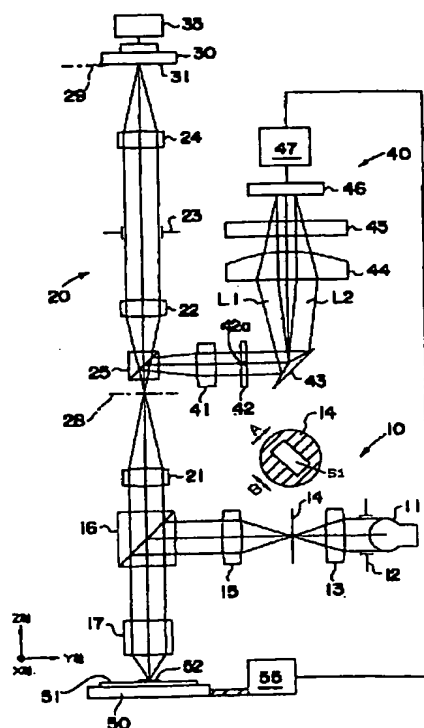
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的位置ずれ測定装置の調整装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 重ね合わせ位置ずれ測定装置の光学系の調整作業を簡単に行う。

【解決手段】 測定マーク52を照明する照明光学系10と、測定マークからの反射光を集光して測定マークの像を結像させる結像光学系20と、結像光学系により結像された測定マークの像を撮影するCCDカメラ30と、得られた画像信号から測定マークの位置ずれを測定する画像処理装置35と、オートフォーカス調整を行うオートフォーカス装置40とから光学的位置ずれ測定装置が構成される。この装置において、オートフォーカス調整、結像光学系20の結像開口絞り23の調整、第2対物レンズ21の調整、照明光学系10の照明開口絞り12の調整をこの順序で行って測定誤差調整を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定マークを照明する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を結像させる結像光学系と、前記結像光学系により結像された前記測定マークの像を撮影する撮像装置と、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定する画像処理装置とを有して構成される光学的位置ずれ測定装置において、前記照明光学系および前記結像光学系を構成する複数の光学要素の位置調整が可能に構成され、前記複数の光学要素の位置調整を所定の順序で行って測定誤差調整を行うように構成されていることを特徴とする光学的位置ずれ測定装置の調整装置。

【請求項2】 前記測定誤差調整が、前記測定マークに代えて複数の平行な線状マークからなるL/Sマークを用いて得られるQZ曲線に基づいて行われることを特徴とする請求項1に記載の調整装置。

【請求項3】 前記L/Sマークを前記照明光学系により照明し、その反射光を前記結像光学系により集光して結像された前記L/Sマークの像を前記撮像装置により撮影し、得られた画像信号を前記画像処理装置により処理して前記L/Sマークの非対象性を示すQ値を求め、前記L/Sマークを光軸方向(Z方向)に移動させて得られる前記Q値から前記QZ曲線を求めることを特徴とする請求項2に記載の調整装置。

【請求項4】 前記複数の光学要素が、前記照明光学系を構成する照明開口絞りと、前記結像光学系を構成する対物レンズおよび結像開口絞りからなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の調整装置。

【請求項5】 最初に前記結像開口絞りの位置調整を行い、次に前記対物レンズの位置調整を行い、最後に前記照明開口絞りの位置調整を行うように前記所定の順序が設定されていることを特徴とする請求項4に記載の調整装置。

【請求項6】 前記結像開口絞りの位置調整により前記QZ曲線の凸形状を平坦化する調整を行い、前記対物レンズの位置調整により前記QZ曲線の傾きを変化させる調整を行い、前記照明開口絞りの位置調整により前記QZ曲線をQ値方向に平行シフト移動させる調整を行うことを特徴とする請求項4もしくは5に記載の調整装置。

【請求項7】 前記位置調整を自動的に行うことを特徴とする請求項5もしくは6に記載の調整装置。

【請求項8】 前記結像光学系から分岐して、前記結像光学系により結像された像を前記撮像装置により撮影するときのオートフォーカス調整を行うオートフォーカス装置が設けられていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の調整装置。

【請求項9】 前記複数の光学要素が、前記照明光学系を構成する照明開口絞りと、前記結像光学系を構成する対物レンズおよび結像開口絞りからなり、

最初に、前記オートフォーカス装置によるオートフォーカス調整を行い、二番目に前記結像開口絞りの位置調整を行い、三番目に前記対物レンズの位置調整を行い、最後に前記照明開口絞りの位置調整を行うように前記所定の順序が設定されていることを特徴とする請求項8に記載の調整装置。

【請求項10】 前記照明開口絞りの位置調整を最後に行った後、前記Q値が所定範囲内に収まらないときには、前記オートフォーカス調整、前記結像開口絞りの位置調整、前記対物レンズの位置調整および前記照明開口絞りの位置調整を前記所定の順序で再度繰り返して行うことを特徴とする請求項9に記載の調整装置。

【請求項11】 前記照明開口絞りの位置調整を最後に行った後、前記オートフォーカス装置によるオートフォーカス調整を再度行うことを特徴とする請求項9もしくは10に記載の調整装置。

【請求項12】 前記オートフォーカス調整および前記位置調整を自動的に行うことを特徴とする請求項9～11のいずれかに記載の調整装置。

【請求項13】 測定マークを照明する照明光学系と、前記測定マークからの反射光を集光して前記測定マークの像を結像させる結像光学系と、前記結像光学系により結像された前記測定マークの像を撮影する撮像装置と、前記撮像装置により得られた画像信号を処理して前記測定マークの位置ずれを測定する画像処理装置とを有して構成される光学的位置ずれ測定装置において、前記照明光学系および前記結像光学系を構成する複数の光学要素の位置調整を所定の順序で行って測定誤差調整を行うことを特徴とする光学的位置ずれ測定装置の調整方法。

【請求項14】 前記測定誤差調整が、前記測定マークに代えて複数の平行な線状マークからなるL/Sマークを用いて得られるQZ曲線に基づいて行われることを特徴とする請求項13に記載の調整方法。

【請求項15】 前記L/Sマークを前記照明光学系により照明し、その反射光を前記結像光学系により集光して結像された前記L/Sマークの像を前記撮像装置により撮影し、得られた画像信号を前記画像処理装置により処理して前記L/Sマークの非対象性を示すQ値を求め、

前記L/Sマークを光軸方向(Z方向)に移動させて得られる前記Q値から前記QZ曲線を求めることを特徴とする請求項14に記載の調整方法。

【請求項16】 前記複数の光学要素が、前記照明光学系を構成する照明開口絞りと、前記結像光学系を構成する対物レンズおよび結像開口絞りからなり、最初に前記結像開口絞りの位置調整を行い、次に前記対物レンズの位置調整を行い、最後に前記照明開口絞りの位置調整を行うことを特徴とする請求項13～15のいずれかに記載の調整方法。

【請求項 17】 前記結像光学系から分岐して、前記結像光学系により結像された像を前記撮像装置により撮影するときのオートフォーカス調整を行うオートフォーカス装置が設けられており、

最初に、前記オートフォーカス装置によるオートフォーカス調整を行い、二番目に前記結像開口絞りの位置調整を行い、三番目に前記対物レンズの位置調整を行い、最後に前記照明開口絞りの位置調整を行うことを特徴とする請求項 16 に記載の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハのフォトリソグラフィ製造工程等において、半導体ウエハ等の被検基板上に形成される測定マーク（重ね合わせマーク）における下地マークに対するレジストマークの位置ずれ（重ね合わせ位置ずれ）を光学的に測定するためなどに用いられる光学的位置ずれ測定装置に関し、更に詳しくは、この光学的位置ずれ測定装置の調整を行う装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体チップの製造工程の一つであるフォトリソグラフィ製造工程においては、ウエハ上に何段階かに分けられてレジストパターンが形成される。すなわち、各段階毎に、既に形成されているパターン（これを下地パターンと称する）の上に所定のレジストパターンが重ね合わせて形成される。このとき、下地パターンに対して重ねて形成されるレジストパターンの位置がずれたのでは所望の性能が得られないため、正確な重ね合わせ位置決めが要求される。このようなことから、レジストパターンの各形成段階毎に下地パターンに対するレジストパターンの重ね合わせ位置ずれを測定することが要求され、この重ね合わせ位置ずれ測定のための装置は従来から知られている（例えば、特開 2000-77295 号公報参照）。

【0003】この重ね合わせ位置ずれ測定は、レジストパターン形成時に基板上に形成した下地マークの上にレジストマークを形成して測定マークを形成しておき、光学的位置ずれ測定装置（重ね合わせ位置ずれ測定装置）を用いて、測定マークに照明光を照射するとともにその反射光から測定マークの像を CCD カメラ等で撮像し、撮像した像を画像処理して下地マークに対するレジストマークの重ね合わせ位置ずれ量を測定するようになっていく。

【0004】ところで、このように光学的に重ね合わせ位置ずれ測定を行う場合、測定光学系（すなわち、測定マークに照明光を照射する照明光学系および測定マークからの反射光を集光結像させる集光光学系）に光学的な収差が発生することが避けられず、このような収差、特に光軸に対して非回転対称な収差が測定視野領域内に存在すると、重ね合わせ位置ずれ測定値の測定誤差 TIS

(Tool Induced Shift)が生ずる。

【0005】このような測定誤差 TIS が存在したまま重ね合わせ位置ずれ測定を行ったのでは正確な位置ずれ測定ができないという問題がある。このため、光学的位置ずれ測定装置を用いて位置ずれ測定を行う前に、この装置の測定光学系に用いられている照明開口絞り、結像開口絞り、対物レンズなどの位置調整を行って、測定誤差 TIS を出なくするようにすることが従来から提案されている（例えば、特開 2000-77295 号公報参照）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、照明開口絞り、結像開口絞り、対物レンズなどの調整要素は、いずれか一つのみで測定誤差 TIS を除去することは難しく、これら複数の調整要素を適宜組み合わせて調整して測定誤差 TIS を除去する必要がある。しかもこれら複数の調整要素は互いに影響を及ぼしあって測定誤差 TIS を微妙に変化させるため、これら複数の調整要素の調整を適切に組み合わせるのが非常に難しいという問題がある。

【0007】さらに、重ね合わせ位置ずれ測定装置の測定光学系にはオートフォーカス光学系が組み込まれることが多く、上記複数の調整要素の調整による測定誤差 TIS の除去調整と同時に、オートフォーカス光学系の調整も必要であり、これらの調整作業が一層複雑化するという問題がある。

【0008】本発明はこのような問題に鑑みたもので、重ね合わせ位置ずれ測定装置の光学系の調整作業を簡単に行えるようにすることを目的とする。本発明はまた、重ね合わせ位置ずれ測定装置の光学系の調整作業を自動的に行えるようにすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的達成のため、本発明は、測定マークを照明する照明光学系と、この測定マークからの反射光を集光して測定マークの像を結像させる結像光学系と、この結像光学系により結像された測定マークの像を撮影する撮像装置と、この撮像装置により得られた画像信号を処理して測定マークの位置ずれを測定する画像処理装置とを有して構成される光学的位置ずれ測定装置において、照明光学系および結像光学系を構成する複数の光学要素の位置調整を可能となし、これら複数の光学要素の位置調整を所定の順序で行って測定誤差調整を行うように調整装置が構成される。

【0010】なお、この測定誤差調整は、測定マークに代えて複数の平行な線状マークからなる L/S マークを用いて得られる QZ 曲線に基づいて行われる。この QZ 曲線は、L/S マークを照明光学系により照明し、その反射光を結像光学系により集光して結像された L/S マークの像を撮像装置により撮影し、得られた画像信号を画像処理装置により処理して L/S マークの非対象性を

示すQ値を求め、L/Sマークを光軸方向（Z方向）に移動させて得られる。

【0011】本発明において位置調整が行われる複数の光学要素としては、照明光学系を構成する照明開口絞り、結像光学系を構成する対物レンズおよび結像開口絞りがある。この調整装置を用いて調整を行うときには、最初に結像開口絞りの位置調整を行い、次に対物レンズの位置調整を行い、最後に照明開口絞りの位置調整を行う。このとき、結像開口絞りの位置調整によりQZ曲線の凸形状を平坦化する調整を行い、対物レンズの位置調整によりQZ曲線の傾きを変化させる調整を行い、照明開口絞りの位置調整によりQZ曲線をQ値方向に平行シフト移動させる調整を行う。なお、これら位置調整は自動化しても良い。

【0012】本発明に係る調整装置はさらに、結像光学系から分岐して、結像光学系により結像された像を前記撮像装置により撮影するときのオートフォーカス調整を行うオートフォーカス装置が設けられることもある。この場合、最初にオートフォーカス装置によるオートフォーカス調整を行い、二番目に結像開口絞りの位置調整を行い、三番目に対物レンズの位置調整を行い、最後に照明開口絞りの位置調整を行う。これらの調整を自動化しても良い。

【0013】なお、照明開口絞りの位置調整を最後に行った後、Q値が所定範囲内に収まらないときには、オートフォーカス調整、結像開口絞りの位置調整、対物レンズの位置調整および照明開口絞りの位置調整をこの順序で再度繰り返して行い、Q値を所定範囲に収める調整を行う。

【0014】また、照明開口絞りの位置調整を最後に行った後、この調整によりオートフォーカス調整が狂うおそれがあり、この場合にはオートフォーカス装置によるオートフォーカス調整を再度行うのが好ましい。

【0015】一方、本発明に係る調整方法は、測定マークを照明する照明光学系と、測定マークからの反射光を集光して測定マークの像を結像させる結像光学系と、結像光学系により結像された測定マークの像を撮影する撮像装置と、撮像装置により得られた画像信号を処理して測定マークの位置ずれを測定する画像処理装置とを有して構成される光学的位置ずれ測定装置において、照明光学系および結像光学系を構成する複数の光学要素の位置調整を所定の順序で行って測定誤差調整を行うように構成される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好ましい実施形態について説明する。図1に本発明に係る光学的位置ずれ測定装置の一例を示している。なお、説明の容易化のため、図1において紙面に垂直な方向をX軸方向、左右に延びる方向をY方向、上下に延びる方向をZ方向とする。

【0017】図1に示す測定装置は、ウェハ51の上に形成された測定マーク52におけるレジストマークの重ね合わせ位置ずれを測定するものであり、測定に際してウェハ51は、回転および水平移動（X-Y方向移動）可能で、且つ上下移動（Z方向移動）可能に構成されたステージ50の上に載置される。このようなステージの移動制御のためステージ制御部55が設けられている。測定マーク52は、ウェハ51の下地パターンの上に所定のレジストパターンをフォトリソグラフィ工程により形成させるときに、例えば図3に示すように、ウェハ51の端部に形成された矩形状の下地マーク53の上に矩形状のレジストマーク54を形成して作られており、本発明に係る光学的位置ずれ測定装置により、下地マーク53に対するレジストマーク54の重ね合わせ位置ずれを測定する。

【0018】この光学的位置ずれ測定装置は、測定マーク52に照明光を照射するための照明光学系10と、測定マークからの反射光を集光して測定マークの像を結像させる結像光学系20と、このように結像された測定マークの像を撮影する撮像装置30と、撮像装置により得られた画像信号を処理する画像処理装置35と、撮像装置30による撮像における焦点合わせ制御（合焦制御）を行うオートフォーカス装置40とを備える。

【0019】まず、照明光学系10は、照明光源11、照明開口絞り12およびコンデンサーレンズ13を備え、照明光源11から射出される照明光束は照明開口絞り12により特定の光束系に絞られてコンデンサーレンズ13に入力されて集光される。コンデンサーレンズ13によって集光された照明光は視野絞り14を均一に照明する。視野絞り14は、図1においてハッチングを施して示すように、長形状の絞り開口S1を有する。なお、絞り開口S1を図1内に拡大して示しているが、図示のようにX軸およびZ軸に対して斜めに45度傾いて設けられている。この照明光学系10において、後述する測定誤差調整のため、照明開口絞り12の位置調整（X-Z方向の位置）を行う機構（図示せず）が設けられている。

【0020】視野絞り14の視野開口S1を透過して射出される照明光は照明リレーレンズ15に入射し、この照明リレーレンズ15によってコリメートされて平行光束となった状態で第1ビームスプリッタ16に入射する。第1ビームスプリッタ16において反射された照明光は下方に出射され、第1対物レンズ17によって集光されてウェハ51上の測定マーク52を垂直に照射する。ここで、視野絞り14と測定マーク52とは照明光学系10において共役な位置に配設されており、ウェハ51の測定マーク52に対して、視野開口S1の形状に対応する長形状の領域が照明光により照射される。

【0021】このようにして測定マーク52を含むウェハ51の表面に照明光が照射されて出てくる反射光が、

結像光学系 20 を介して撮像装置 30 に導かれる。具体的には、この反射光は第 1 対物レンズ 17 によってコリメートされて平行光束となり、第 1 ビームスプリッタ 16 を通過して、第 1 ビームスプリッタ 16 の上方に配設された第 2 対物レンズ 21 によって一次結像面 28 に測定マーク 52 の像を形成する。さらに、第 1 結像リレーレンズ 22 を透過し、結像開口絞り 23 により特定の光束径に絞られ、第 2 結像リレーレンズ 24 によって二次結像面 29 に測定マーク 52 の像を形成する。この結像光学系 20 において、後述する測定誤差調整のため、第 2 対物レンズ 21 および結像開口絞り 23 の位置調整 (X-Y 方向の位置) を行う機構 (図示せず) がそれぞれ設けられている。

【0022】この二次結像面 29 と撮像面 31 とが一致するように CCD カメラ (撮像装置) 30 が配設されており、測定マーク 52 の像が CCD カメラ 30 により撮像される。そして、CCD カメラ 30 により得られた画像信号が画像処理装置 35 に送られて後述するように信号処理される。この構成から分かるように、測定マーク 52 と撮像面 31 とは共役な位置関係にある。

【0023】結像光学系 20 の一次結像面 28 の後側に第 2 ビームスプリッタ 25 が配設されており、この第 2 ビームスプリッタ 25 により分岐された反射光を受ける位置にオートフォーカス装置 40 が設けられている。このオートフォーカス装置 40 において、第 2 ビームスプリッタ 25 から分岐された光束は AF 第 1 リレーレンズ 41 に入射してコリメートされて平行光束となり、平行平面ガラス板 42 を透過し、瞳分割ミラー 43 に照明開口絞り 12 の像を結像する。平行平面ガラス板 42 は紙面に垂直な軸 42a を中心としてチルト調整可能であり、光屈折を利用して平行光束を図 1 の紙面における上下に平行移動させる調整を行う。これにより、後述するように、瞳分割ミラー 43 に対する照明開口絞り 12 の像の中心を瞳分割ミラー 43 の中心に位置あわせする調整が可能である。

【0024】なお、第 2 ビームスプリッタ 25 からの分岐光の射出光軸方向は、図 1 においては照明光学系 10 の光軸と平行になるように示しているが、実際には、照明光学系 10 に対して X-Y 平面上で 45 度傾いた方向になるように第 2 ビームスプリッタ 25 が配設されている。すなわち、Z 視 (平面視) において、照明光学系 10 の光軸と分岐光の光軸とは 45 度の角度をなす。このため、スリット S1 における矢印 A で示す方向 (これを計測方向と称する) が図 1 における第 2 ビームスプリッタ 25 から瞳分割ミラー 43 に至る経路において上下方向となり、矢印 B で示す方向 (これを非計測方向と称する) が図 1 における紙面に垂直な方向となる。

【0025】このようにして瞳分割ミラー 43 に入射した平行光束は計測方向に二分割されて二つの光束 L1, L2 に分かれて AF 第 2 リレーレンズ 44 に入射する。そ

して、AF 第 2 リレーレンズ 44 により集光された後、図 1 における紙面に直角な断面において凸レンズ形状を示すシリンダリカルレンズ 45 により非計測方向に収束される。シリンダリカルレンズ 45 は紙面内における横方向には屈折力を持たないため、上記二つの光束 L1, L2 は計測方向 (紙面内方向) において AF 第 2 リレーレンズ 44 により集光されてラインセンサからなる AF センサ 46 上にそれぞれ光源像を結像する。

【0026】このようにして AF センサ 46 上に二つの光源像が結像するのであるが、図 2 に、結像位置が AF センサ 46 より前側にずれた状態 (図 2 (A))、AF センサ 46 上に合焦した状態 (図 2 (B))、AF センサ 46 より後側にずれた状態 (図 2 (C)) を示している。図 2 (B) に示すように二つの光源像が合焦した状態で、ウエハ 51 の像が CCD カメラ 30 に合焦するように予め位置設定がなされており、合焦位置からずれると AF センサ 46 上における二つの光源像の中心位置 P1, P2 間の距離が狭くなったり、広くなったりする。

【0027】例えば、ウエハ 51 の像が CCD カメラ 30 に合焦した状態からウエハ 51 を載置したステージ 50 を下方に移動させると、図 2 (A) に示すように結像位置が AF センサ 46 より前側にずれ、二つの光源像の中心位置間の距離が近づく。一方、ウエハ 51 の像が CCD カメラ 30 に合焦した状態からウエハ 51 を載置したステージ 50 を上方に移動させると、図 2 (C) に示すように結像位置が AF センサ 46 より後側にずれ、二つの光源像の中心位置間の距離が離れる。

【0028】AF センサ 46 の検出信号は AF 信号処理部 47 に送られ、ここで AF センサ 46 上に結像された二つの光源像の中心位置間の距離が算出される。そして、この中心間距離を、予め測定記憶されている合焦状態における中心間距離と比較し、両距離の差を計算して焦点位置情報としてステージ制御部 55 に出力する。すなわち、ウエハ 51 の像が CCD カメラ 30 に合焦した状態での AF センサ 46 上における二つの光源像の中心位置間の距離が予め測定記憶されており、これと実際に検出された中心間距離との差が合焦状態との差であり、この差を焦点位置情報としてステージ制御部 55 に出力する。そして、ステージ制御部 55 においては、上記差を無くすようにステージ 50 を上下させ、ウエハ 51 が上下移動されその像を CCD カメラ 30 に合焦させる調整、すなわち、オートフォーカス調整が行われる。

【0029】なお、このようにしてオートフォーカス調整に用いられる二つの光源像は、図 1 に示すように、視野絞り 14 に形成された非計測方向 (B 方向) に長いスリット S1 からの光束から作られる。このとき、非計測方向に広がった光束 L1, L2 はシリンダリカルレンズ 45 により集束されて AF センサ 46 上に集められるようになっている。これによりウエハ 51 の表面からの反射ムラを平均化することができ、AF センサ 46 による

検出精度が向上する。

【0030】次に、以上のような構成の光学的位置ずれ測定装置による位置ずれ測定について説明する。この位置ずれ測定のために、ウエハ51に測定マーク52が設けられている。この測定マーク52は、図3に示すように、ウエハ51の表面に形成された矩形状の凹部からなる下地マーク53と、フォトリソグラフィ製造工程においてレジストパターンの形成と同時に下地マーク53の上に形成されるレジストマーク54とから構成される。フォトリソグラフィ製造工程において、レジストマーク54は下地マーク53の中央に位置して形成されるように設定されており、下地マーク53に対するレジストマーク54の位置ずれ量が下地パターンに対するレジストパターンの重ね合わせ位置ずれ量に対応する。このため、図3に示すように、下地マーク53の中心線C1とレジストマーク54の中心線C2との間隔Rを重ね合わせ位置ずれ量として上記の構成の光学的位置ずれ測定装置により測定される。なお、図3に示す重ね合わせ位置ずれ量RはY軸方向（横方向）の位置ずれ量であるが、これと直角方向すなわちX軸方向（縦方向）の位置

$$TIS = (R_0 + R_{180}) / 2 \dots (1)$$

【0033】式(1)から分かるように、下地マーク53に対してレジストマーク54の重ね合わせ位置ずれがあっても、式(1)により演算される測定誤差TISは理論的には零になるべきものである。しかしながら、測定光学系に光学的な収差、特に非回転対称な収差があるばあい、測定マーク52を上記のように180度回転させても、この収差は回転される訳ではないため、式

(1)の計算結果から収差の影響のみに対応する値が測定誤差TISとして求められる。

【0034】このような光学的収差により発生する測定誤差TISを含んだままで、上述した光学的位置ずれ測定装置により重ね合わせ位置ずれ量Rを測定したのでは、正確な重ね合わせ位置ずれ量Rを測定することができない。このため、本発明に係る光学的位置ずれ測定装置においては、上記測定誤差TISの影響をできる限り抑えるような調整を行うようにしている。さらに、オートフォーカス装置40における瞳分割ミラー43に対する中心位置合わせ調整も必要であり、これらの調整について以下に説明する。

【0035】まず最初にオートフォーカス装置40の調整が行われる。前述したように瞳分割ミラー43により二つの光束L1、L2に分割されるときに、両光束L1、L2の光量が等しくないとオートフォーカス調整が不正確となるおそれがある。このため、両光束L1、L2の光量が等しくなるように、すなわち、瞳分割ミラー43に結像された照明開口絞り12の像の中心が瞳分割ミラー43の中心と一致させることが求められる。

【0036】ここで、AFセンサ46に視野絞り14のスリットS1の像が結像した状態を図5(A)に示して

ずれ量も同様に測定される。

【0031】このようにして測定マーク52における重ね合わせ位置ずれ量Rの測定を行うときに、測定光学系（すなわち、照明光学系10および結像光学系20）に収差、特に、非回転対称な収差が存在すると、この重ね合わせ位置ずれ量Rの測定値に測定誤差TISが含まれるという問題がある。この測定誤差TISについて、簡単に説明する。この測定は、図4(A)および(B)に示すように、測定マーク52を0度と180度との二方向について行う。すなわち、まず、図4(A)に示すように、仮想的に示した位置マーク53aが左に位置する状態で下地マーク53に対するレジストマーク54の重ね合わせ位置ずれ量R₀を測定し、次に図4(B)に示すように、測定マーク52を180度回転させて、仮想位置マーク53aが右に位置する状態で重ね合わせ位置ずれ量R₁₈₀を測定し、次式(1)により測定誤差TISを計算する。

【0032】

【数1】

おり、この図のように、二つの像IM(L1)およびIM(L2)が結像される。これによりAFセンサ46はこれら二つの像を検出し、図5(B)に示すようなプロファイル信号を出力する。瞳分割ミラー43による分割がずれて両光束L1、L2の光量に差があると、図5(B)に示すように、プロファイル信号強度i(L1)およびi(L2)に差Δiが発生する。このままでは、二つの像の中心位置間の距離Dの測定が不正確になるおそれがある。このため、このように信号強度差Δiが検出されたときには、この差を無くすように、平行平面ガラス板42のチルト調整が行われ、瞳分割ミラー43に入射する光束の中心光軸位置を図1における上下方向に平行移動させる調整、すなわち瞳分割ミラー43の中心に一致させる調整を行う。このようにして光束L1、L2の光量が等しくなるようにすれば、オートフォーカス装置40の調整が完了する。

【0037】次に、測定誤差TISの影響に対する調整を行う。この調整は、照明開口絞り12、結像開口絞り23および第2対物レンズ21の位置調整により行われる。この調整は、図6に示すような形状のL/Sマーク60を有したウエハを、図1に示す装置におけるウエハ51に代えてステージ50の上に載置し、照明光学系11によりL/Sマーク60を照明してCCDカメラ30により撮像されたL/Sマーク像を画像処理することにより行われる。このL/Sマーク60は、図6(A)および(B)に示すように、線幅3μm、段差0.085μm（照射光λの1/8相当）で、ピッチ6μmの平行に延びる複数の線状マーク61～67からなるマークである。

【0038】CCDカメラ30により撮像されたL/Sマーク像を画像処理装置35により処理して画像信号強度を求めると、そのプロファイルは図6(C)に示すようになる。ここで、各線状マーク61～67の段差位置において信号強度が低下するが、各線状マーク毎における左右両側の段差位置での信号強度差 ΔI を求め、これを全線状マーク61～67について平均することにより、L/Sマーク像の非対象性を示すQ値($Q=1/7 \times \sum (\Delta I/I) \times 100$ (%))を求める。次に、ステージ50を上下方向(Z方向)に移動させてL/Sマーク60をZ方向に移動させ、各高さ位置(Z方向位置)毎にQ値を求めてQ値のフォーカス特性を求めると、例えば図7に示すようなQZ曲線が得られる。

【0039】図7には、二種類のQZ曲線、すなわち、QZ曲線(1)およびQZ曲線(2)を示しており、QZ曲線(1)の場合には非回転対称な収差が大きく、QZ曲線(2)の場合には非回転対称な収差が小さい。このため、QZ曲線(2)となるような調整を行えば良いと考えられる。

【0040】このような調整(これをQZ調整と称する)について以下に簡単に説明する。この調整は、上述のように照明開口絞り12、結像開口絞り23および第2対物レンズ21の位置調整により行われるが、各位置調整毎のQZ曲線の変化特性を図8に示している。まず、照明開口絞り12の位置調整を行えば、図8(A)に矢印Aで示すように、QZ曲線を上下に平行シフト移動させる調整となる。この図に示すように、各QZ曲線の最大Q値、すなわち、Z軸まで平行移動させるに必要なシフト量をシフト量 α と称する。結像開口絞り23の位置調整を行えば、図8(B)に矢印Bで示すように、QZ曲線の凸形状を平坦化する調整となる。この図に示すように、各QZ曲線の最大突出量を突出量 β と称する。第2対物レンズ21の位置調整を行えば、図8

(C)に矢印Cで示すように、QZ曲線の傾斜角度を変化させる調整となる。この図に示すように、各QZ曲線の最大最小値の差を傾き量 γ と称する。

【0041】本発明では、このような調整に伴うQZ曲線の変化特性を勘案して、最も調整が適切且つ簡単となるような調整方法を行う。ここで一般的に言って、図1に示す構成の光学的位置ずれ測定装置を設計値通りに機械的に組み立てて配置しただけの状態では、QZ特性は大きく崩れた状態であり、例えば、図9においてQZ(1)で示す線のような特性である。これを図7において示すQZ曲線(2)のような状態にするために、以下に示す順序で調整を行う。

【0042】まず、調整感度が敏感な結像開口絞り23を調整する。この調整は、図8(B)に示したように凸形状を平坦化する調整であり、図9において矢印Bで示すように、QZ(2)で示す曲線からQZ(3)で示す曲線とする調整を行う。この調整は、これら各QZ曲線の両端

を結ぶ第1基準線BL(1)に対する突出量 β を所定範囲内(例えば、 $\pm 0.5\%$ 以内)とするように行われる。

【0043】次に、第2対物レンズ21の位置調整を行う。この調整は図8(C)に示したようにQZ曲線の傾斜を変化させる調整であり、図9において矢印Cで示すように、平坦化された曲線QZ(3)の傾斜をQZ(4)で示すように水平に変化させる調整を行う。ここで、この調整の前に結像開口絞り23の位置調整によりQZ曲線を平坦化(直線化)しているため、この傾斜調整を的確に行うことが可能である。この調整は、曲線QZ(4)の中心位置を通る水平ラインである第2基準線BL(2)に対する傾き量 γ を所定範囲内(例えば、 $\pm 1.0\%$ 以内)とするように行われる。

【0044】上記二つの調整により、QZ(4)で示すようにZ軸に平行な直線に近い状態となり、これとZ軸との間隔が照明開口絞り12の位置ずれ量を示している。そこで、照明開口絞り12の位置調整を行い、図9において矢印Aで示すように、水平直線状となった曲線QZ(4)をQZ(5)からQZ(6)と平行シフト移動させる調整を行う。この調整は、曲線QZ(6)のシフト量 α を所定範囲内(例えば、 $\pm 0.5\%$ 以内)とするように行われる。その結果、QZ(6)で示される非回転対称な収差の小さな特性が得られる。

【0045】なお、照明開口絞り12の調整感度は、他の二つの調整感度(結像開口絞り23および第2対物レンズ21の調整感度)より鈍く、照明開口絞り12の位置が多少ずれていてもその判断指標となる平行シフト量の変化量は小さい。このため、これら他の二つの調整を行った後でないと照明開口絞り12の調整量を正確に判断することが難しい。このような理由から照明開口絞り12の調整を最後に行うようにしている。

【0046】上記の調整において、照明光学系10はオートフォーカス装置40の光路を兼用しているため、上記照明開口絞り12の調整によりオートフォーカス装置40の調整が影響を受ける。このため、上記調整が行われた後、オートフォーカス装置40の調整(平行平面ガラス板42のチルト調整)が再度行われる。

【0047】以上まとめると、オートフォーカス装置40の調整と、QZ調整とは以下の手順で行われる。

【0048】

- 【表1】(1) オートフォーカス装置40における平行平面ガラス板42のチルト調整
(2) 結像開口絞り23の調整
(3) 第2対物レンズ21の調整
(4) 照明開口絞り12の調整
(5) 平行平面ガラス板42のチルト調整

【0049】一度の上記(1)～(4)の調整ではQZ曲線で示される特性におけるQ値がある定量的な規格内に入らないときには、規格内に入るまで上記(1)～(4)の調整を繰り返す。

【0050】以上説明した調整を自動化して行うようにしても良く、この例を図10および図11のフローチャートを参照して説明する。なお、これら両図において、丸囲み符号A同士が繋がって一つのフローチャートを構成する。

【0051】まず最初にオートフォーカス調整が行われる(ステップS1)。但し、これは文字通り元来自動的に行われるものである。次に、結像開口絞り23の調整を行う(ステップS2およびS3)。この調整はQZ曲線を求めながら図9において矢印Bで示すように、QZ(2)で示す曲線からQZ(3)で示す曲線とする調整を行う。この調整は、これら各QZ曲線の両端を結ぶ第1基準線BL(1)に対する突出量 β を $\pm 1\%$ 以内とするまで行われる。

【0052】次に、第2対物レンズ21の位置調整を行う(ステップS4およびS5)。この調整はQZ曲線を求めながら図9において矢印Cで示すように、平坦化された曲線QZ(3)の傾斜をQZ(4)で示すように水平に変化させる調整を行う。この調整は、第2基準線BL(2)に対する傾き量 γ を 2% 以内とするまで行われる。

【0053】そして、照明開口絞り12の位置調整を行う(ステップS6およびS7)。この調整はQZ曲線を求めながら図9において矢印Aで示すように、水平直線状となった曲線QZ(4)をQZ(5)からQZ(6)と平行シフト移動させる調整を行う。この調整は、シフト量 α を 1% 以内とするまで行われる。

【0054】以上により、一次調整が完了するが、照明開口絞り12の調整によりオートフォーカス調整がずれる可能性があり、ステップS8においてオートフォーカス調整を再度行う。以上の調整を行った時点で、突出量 β が $\pm 0.5\%$ 以内で、傾き量 γ が 1% 以内で、シフト量 α が 0.5% 以内となっているか否か、すなわち、突出量 β 、傾き量 γ およびシフト量 α が所定の範囲内に納まっているか否かを判断する(ステップS9)。このように所定の範囲内に納まっていればこれ以上の調整は不要であるので自動調整完了する。

【0055】一方、所定の範囲内に納まっていない場合には、ステップS10以下の二次調整を行う。この調整は、ステップS10およびS11における結像開口絞り23の調整から開始し、ここでQZ曲線の突出量 β を $\pm 0.5\%$ 以内とする。次に、ステップS12およびステップS13に進んで第2対物レンズ21の位置調整を行い、ここでQZ曲線の傾き量 γ を 1% 以内とする。さらに、ステップS14およびS15に進んで照明開口絞り12の位置調整を行い、ここでQZ曲線のシフト量 α を 0.5% 以内とする。

【0056】この後、オートフォーカス調整を再度行い(ステップS16)、ステップS17において、突出量 β が $\pm 0.5\%$ 以内で、傾き量 γ が 1% 以内で、シフト量 α が 0.5% 以内となっているか否か、すなわち、突

出量 β 、傾き量 γ およびシフト量 α が所定の範囲内に納まっているか否かを判断する。このように所定範囲内に納まっていない場合には、ステップS10に戻り上記二次調整を再度行う。所定範囲内に納まったことが確認されれば、この自動調整が完了する。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、測定マークを照明する照明光学系と、この測定マークからの反射光を集光して測定マークの像を結像させる結像光学系と、この結像光学系により結像された測定マークの像を撮影する撮像装置と、この撮像装置により得られた画像信号を処理して測定マークの位置ずれを測定する画像処理装置とを有して構成される光学的位置ずれ測定装置において、照明光学系および結像光学系を構成する複数の光学要素の位置調整を可能となし、これら複数の光学要素の位置調整を所定の順序で行って測定誤差調整を行うように調整装置および調整方法が構成される。

【0058】このような本発明によれば、照明開口絞り、結像開口絞り、対物レンズなどの調整要素の調整を所定の順序に従って行えば、オートフォーカス光学系の調整も含めて簡単に且つ正確に調整を行う、測定誤差TISを除去することができる。また、このように所定の順序に従って行う調整であり、これを自動化することが簡単である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明により調整される光学的位置ずれ測定装置の構成を示す説明図である。

【図2】オートフォーカス装置における結像状態を示す説明図である。

【図3】光学的位置ずれ検出に用いられる測定マークを示す平面図および断面図である。

【図4】上記測定マークを0度および180度回転した位置で示す平面図である。

【図5】オートフォーカス装置におけるAFセンサへの結像状態を示す説明図である。

【図6】L/Sマークを示す平面図および断面図と、L/Sマーク像の画像信号強度プロファイルを示すグラフである。

【図7】L/Sマーク像全体についてのQZ曲線を示すグラフである。

【図8】照明開口絞り、結像開口絞りおよび第2対物レンズ21の調整により変化するQZ曲線の特性を示すグラフである。

【図9】結像開口絞り調整、第2対物レンズ調整、照明開口絞り調整をこの順で行った場合でのQZ曲線の変化を示すグラフである。

【図10】オートフォーカス調整、結像開口絞り調整、第2対物レンズ調整、照明開口絞り調整を自動的に行う手順を示すフローチャートである。

【図11】オートフォーカス調整、結像開口絞り調整、

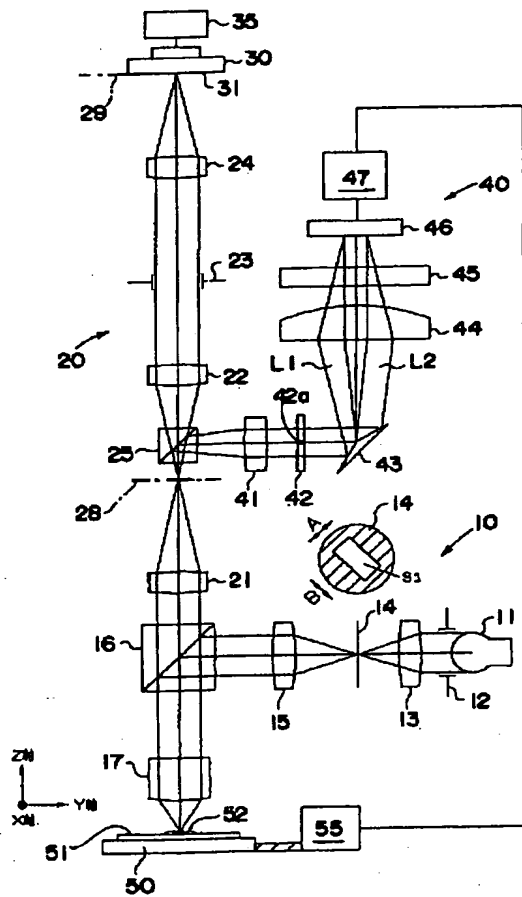
第2対物レンズ調整、照明開口絞り調整を自動的に行う手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

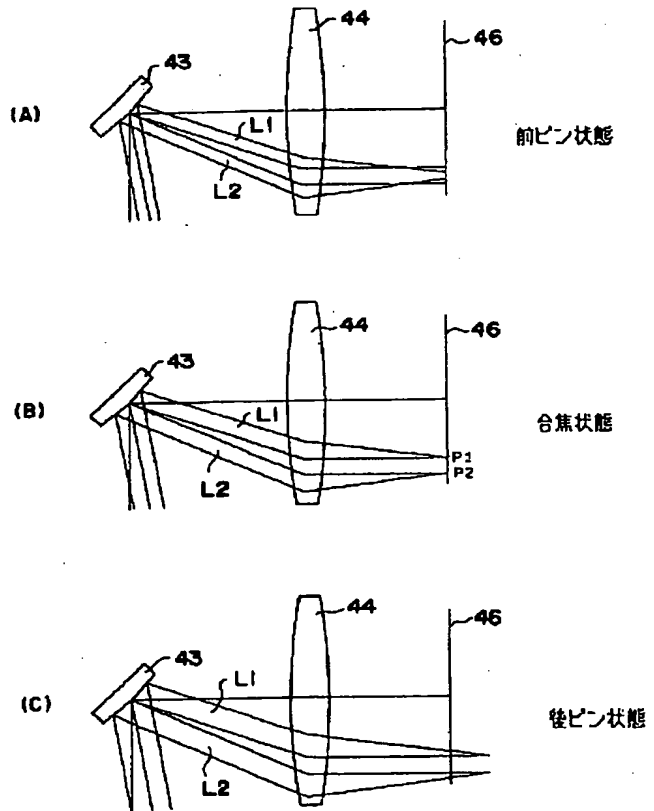
- 10 照明光学系
- 12 照明開口絞り
- 14 視野絞り
- 20 結像光学系
- 16 第1ビームスプリッタ
- 22 第2対物レンズ
- 23 結像開口絞り
- 25 第2ビームスプリッタ

- 30 CCDカメラ
- 35 画像処理装置
- 40 オートフォーカス装置
- 42 平行平面ガラス板
- 43 瞳分割ミラー
- 45 シリンドリカルレンズ
- 46 AFセンサ
- 50 ステージ
- 51 ウエハ
- 54 レジストマーク
- 60 L/Sマーク

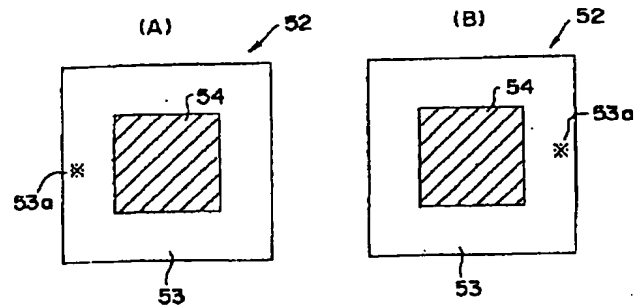
【図1】



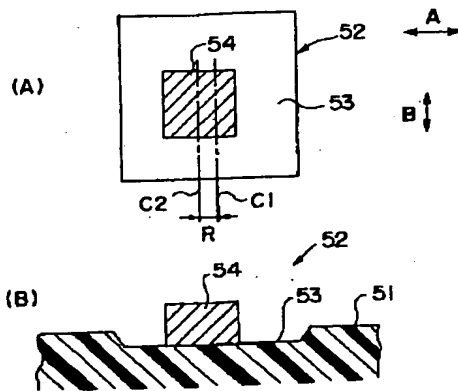
【図2】



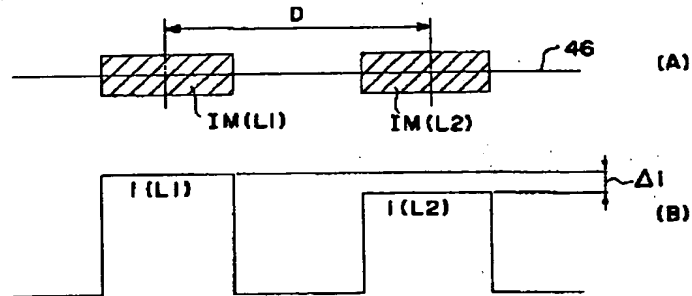
【図4】



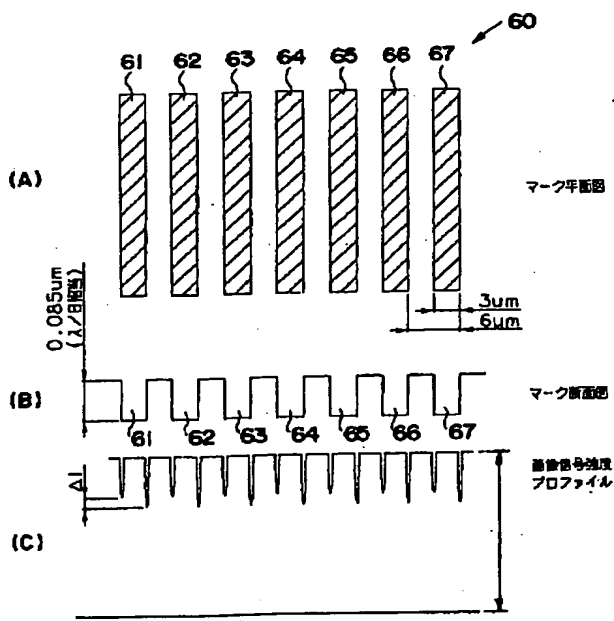
【図3】



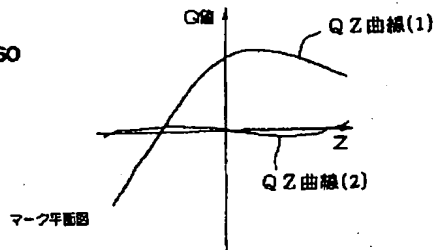
【図5】



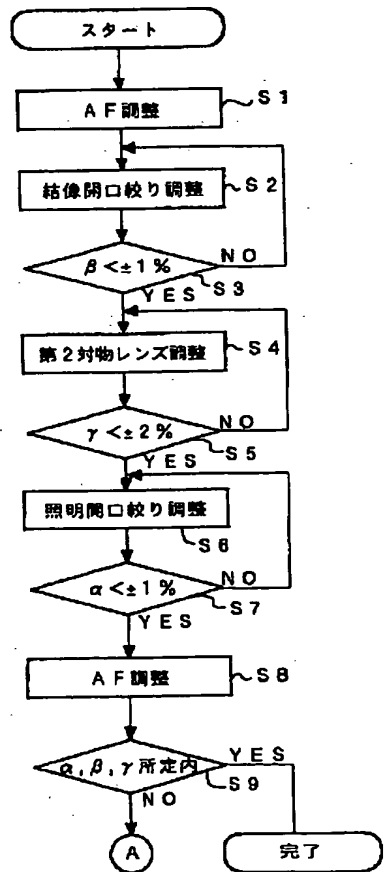
【図6】



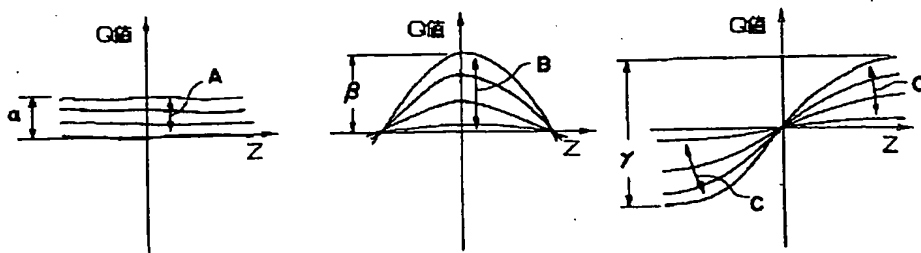
【図7】



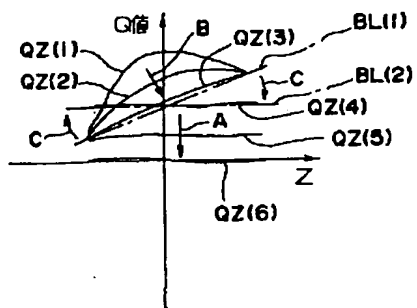
【図10】



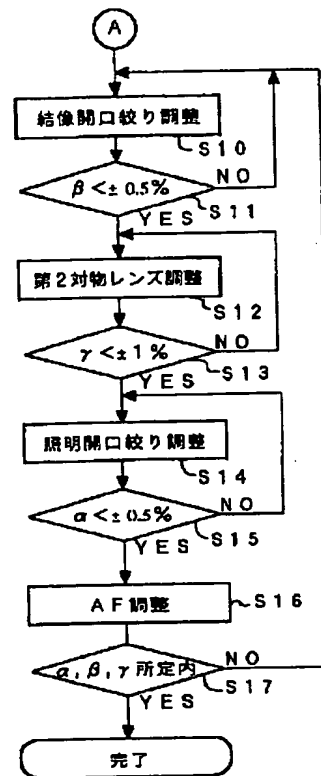
【図8】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I
G 0 2 B 7/11

テーマコード* (参考)
M

F ターム(参考) 2F065 AA07 BB28 CC19 DD10 FF04
JJ03 JJ26 LL00 LL04 LL08
LL30 LL46 NN03
2H051 AA10 BA03 BA20 CB02 CB06
CB07 CB11 CB14 CB20 CC04
DA11
5F046 BA03 DA13 DA14 DB05 DC12
EA03 EA09 FA10 FB12